

# Magnezya'nın ve çelik

## yapım refrakterlerinin

## geleceğine kısa bir bakış

Muammer BİLGİÇ

Kütahya Manyezit İşletmeleri

A.Ş.

### ÖZET

Bu yazıda, başlangıç olarak çelik yapım proseslerinde kullanılan refrakterlerin en önemlilerinden olan Magnezya'nın mineral olarak tarihçesi, bulunuşu ve refrakter hammaddesi olarak üretiminde ve kullanımında uygulanan prosesler özet olarak açıklanmaya çalışılmaktadır. Yazının ikinci bölümünde refrakter hammaddesi olarak Magnezya'nın özelliklerinin refrakter performansına etkileri ve refrakter hammaddesi seçim kriterleri anlatılmaktadır. Çalışmanın son bölümü çelik yapım refrakterlerindeki genel eğilim ve bu eğilimi önemli ölçüde belirleyen çelik yapım proseslerindeki değişimler verilmektedir.

### GİRİŞ:

Magnezya, çelik yapım refrakterleri için son derece önemli bir malzemedir. Magnezya'nın önemi onun; yüksek refrakterlik özelliğinden, kabul edilebilir düzeydeki hidrasyon direncinden, yüksek sıcaklık ve bazik ortamlardaki kimyasal kararlılığından kaynaklanır. Magnezya refrakterler, open hearth proseslerindeki bazik curuf uygulamalarındaki ilk kullanımından bu yana son 120 yıldır çelik endüstrisinin üretkenliğinde ve performansında belirleyici rollerden birini oynamıştır. Diğer refrakter ürünler ile birlikte çelik yapım ünitelerinin refrakter astar dizaynlarının vazgeçilmez parçaları olmuşlardır.

### TARİHÇE:

Magnezya mineralleri bulunmadan önce, 1795 yılında J.E.Delanthere Magnezyum karbonat, sülfat, nitrat, ve klorit gibi tuzlarını Magnezya olarak adlandırmıştır. A. Brongmart ise aynı terimi Magnezyum karbonat ve silikatlar için kullanmış 1803 yılında C.F. Ludwing Moravia'da tabii Magnezya yı, 1808 yılında D.L.G. Karsten Magnesium karbonatı "Magnezya" olarak adlandırmıştır. Magnezya esaslı malzemelerin çelik yapım ocaklarında astar malzemesi olarak ilk kullanımı 1866-1868 yıllarında Avrupa'da önerilmesine rağmen, Thomas ve Gilchrist'in 1877 yılındaki ilk bazik Bessemer prosesi uygulamasında, bazik astar olarak, Sodyum Silikat bağlı Kireç taşı kullanılmıştır. Bundan sonraki adım Avusturya kaynaklı Magnezya'nın 1880 li yıllardan itibaren bazik open hearth fırınlarda bazik çalışma astarı olarak kullanılmasıdır. Zamanla pazara hakim olan Avusturya ürünlerine alternatif arayışları gündeme gelmiştir. Öncelikle deniz suyundan Magnezya çıkarımı için küçük ölçekli bir tesis 1885 yılında Fransa'nın akdeniz kıyılarında devreye alınmış, ardından Steetly 1938 lerde İngiltere'de refrakter amaçlı ilk deniz suyu Magnezya ticari

ÜLKE	SİNER	FUSED	TİP
Kanada		14	D
Meksika	170	4	BR,DS
ABD	360	30	BR,DS,D
Avusturya	330		D
Fransa		7	DS
Yunanistan	200		D
İran	30		D
İrlanda	90		DS
İsrail	60	13	BR
İtalya	130		DS
Hollanda	130		BR
Polonya	10		D
Rusya	2222		D
Sırbistan	200		D
Slovakya	301		D
İspanya	70		D
Türkiye	259		D
Ukrayna	120		D
İngiltere	80	23	DS
Çin	1765	300	D
Hindistan	249		D
Japonya	350	13	DS
Kuzey Kore	500		D
Güney Kore	50	7	DS
Nepal	50		D
Avustralya	90	30	D
Güney Afrika	80		D
Brezilya	360	4	D
Toplam	8256	445	

Tablo 1) Dünyadaki yıllık magnezya üretim kapasiteleri 1996 (x1000)  
DS = Deniz suyu B = Brine, D = Doğal

üretim tesislerini devreye almıştır. Bu arada 1913 yılında Pensilvanya’da (ABD) dolomitten Magnezya üretimi yapılmıştır.

Türkiye’de ise ilk Magnezya üretimi 1929 yılında başlamış, 1962 yılına kadar düşük miktarlarda devam etmiş 1962 yılından itibaren miktar giderek artmıştır. 1940 yılında ilk Kalsine Magnezya üretimi başlamış, 1960 yılına kadar önemli bir artış göstermiştir. 1960 lı yıllarda Eskişehir merkez ilçe Sepetçi köyü ve Margı köyünde Fransız ve Avusturyalılar tarafından Kalsine Magnezya üretim tesisleri devreye alınmıştır, ancak bu tesisler günümüzde çalışmamaktadır. Avusturya kökenli MAŞ A.Ş. bu yıllarda dikey fırınları ile sinter Magnezya üretimine başlamış ve halen devam etmektedir. 1968 yılında Konya Krom sinter Magnezya üretmeye başlamış, 1976 yılında da KÜMAŞ 110 metre boyundaki döner fırını ile kendi doğal Magnezya cevherinden Sinter Magnezya üretmeye başlamıştır. Aynı uzunluktaki ikinci fırın 1982 de devreye alınmıştır. KÜMAŞ dünyanın en kaliteli doğal Sinter Magnezya’larından birinin üreticisi olmaya 1990 yılında tamaladığı tuğla ve harç üretim tesislerinin devreye alınmasına kadar devam etmiş bu tarihten sonra sadece bir hammadde üreticisi olmakla kalmamış nihai ürün üretimini de gerçekleştirip entegre bir refrakter üreticisi haline gelmiştir.

### **BULUNUŞU VE ÜRETİMİ:**

Günümüzde refrakter amaçlı Magnezya’lar üç ana kaynaktan üretilirler;

I. Doğal Magnezya,

II. Deniz suyundan elde edilen Magnezya,

III. Karadaki tuzlu su kaynaklarından elde edilen Magnezya. (Brine)

Yer kabuğunda en sık rastlanan 8’inci element olarak, karaların % 2,1’ini, deniz suyunun ise yaklaşık %0,14’ünü Magnezya oluşturur. Tablo 1, üretici ülkelerin ve tahmini 1996 üretimlerinin tablosunu vermektedir.

Refrakter amaçlı Magnezya’nın üretimi, hangi kaynaktan olur ise olsun üç temel aşamada gerçekleştirilir.

I. Hammadde kaynağından çıkarımı ve zenginleştirilmesi,

II. Kalsinasyonu,

III. Pişirilmesi veya ergitilmesi

Genel olarak hangi kaynaktan çıkar ise çıksın Magnezya mümkün olduğunca zenginleştirme işlemine ihtiyaç duyar. Örneğin KÜMAŞ ‘ta doğal Magnezyum Karbonat verimliliğini arttırmak için, manyetik seperasyondan (Permanent magnetic separation) geçirilerek zenginleştirilir. Kalsinasyon, karbonatları ve hidroksitleri ayırıcı bir ısıl işlemdir. Genellikle 1000 °C civarında dikey şaft veya yatay döner fırınlarda gerçekleştirilir. Bu proses sonucunda oluşan ürün son derece aktiftir. Bu yüksek aktivite yüzey alanının fazla olmasından ve düşük tane yoğunluğundan kaynaklanır.

Bu nedenle, daha kararlı ve refrakter malzeme olarak kullanılabilen ürün üretimi için yüksek sıcaklıkta pişirme işlemi ile yoğunluğunun artırılması gerekir. Bu proses “Dead Burning” yada “Tam Pişirme” olarak adlandırılır, 1700-2000 °C sıcaklıkta ve yine dikey şaft veya yatay döner fırınlarda gerçekleştirilir.

Refrakter amaçlı Magnezya’nın kritik özellikleri;

- MgO İçeriği ve diğer oksitlerin birbirleri arasındaki oranları,
- Yoğunluğu ve,
- Kristal çapıdır.

Kritik uygulamalar için üretilecek, refrakter amaçlı Magnezya, içinde safsızlıkları minimum miktarda içeren bir malzemedir. Bu yüksek saflılık temel olarak kullanılan hammaddeye bağlıdır. Kalsinasyon prosesi, uçucuların azaltılmasını, pişirme prosesi, yoğunluğun artırılmasını ve kristal büyümesini sağlar iken, yüksek saflılığı ve kristal çapı büyümesini sağlamakta en önemli proses ise elektrofuzyon prosesidir. Özel elektrik ark ocaklarında gerçekleştirilen ergitme işlemi sonucu, Magnezya’nın hem MgO içeriği arttırılmakta, hem de ona ileride önemine değinilecek olan kristal çapı büyümesi sağlanmaktadır.

Böylelikle kritik refrakter uygulamalarında kullanılmak üzere diğerlerinden tümü ile farklı bir malzeme üretilmektedir. Bu özel malzeme Fused Magnezya olarak adlandırılmaktadır. Ancak Fused Magnezya’larda MgO içeriklerine ve kristal çaplarına göre sınıflandırılabilirler. Fused Magnezya’ların kristal çapı 400 - 1000 mikron, MgO içeriği ise % 92-99 arasında değişmektedir. Söz konusu aralık çok geniş bir aralıktır. Bu nedenle herhangi bir ürün içinde Fused Magnezya kullanılıyor olması tek başına yeterli değildir. Kullanılan Fused Magnezya’nın, hangi MgO içeriğine ve hangi kristal çapına sahip olduğu da önemlidir.

### **GENEL ÖZELLİKLER:**

Tablo 2, Magnezya’nın temel fiziksel özelliklerini özetlemektedir. Tablodan görülebileceği gibi Magnezya; oldukça yüksek ergime sıcaklığı, termal genleşme ve iletkenliğe sahiptir.

Özellikler	
Yoğunluk (Hacim ağırlık) kg/m <sup>3</sup>	3580
Ergime sıcaklığı °C	2800
Termal Genleşme cm / cm / °C x 10 <sup>-6</sup>	14.0
Termal Genleşme % at 1000 °C	1.47
Termal İletkenlik W m <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> at 1000 °C	9
Spesifik Isı Kapasitesi J kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> at 1000	1436

Tablo 2) Saf Magnezya’nın temel fiziksel özellikleri.

Ancak refrakter amaçlı Magnezya kalitelerinde, içerdiği safsızlıklar nedeni ile bu özelliklerden önemli oranda uzaklaşma söz konusu olabilmektedir. Bu nedenle bu safsızlıkların tipi, miktarı ve dağılımının kontrolü refrakter performansını ciddi bir şekilde etkilemektedir.

### KİMYASAL ÖZELLİKLER:

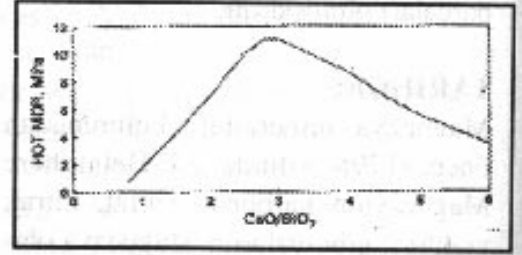
Magnezya asıllı refrakterlerin yüksek sıcaklıktaki mukavemetleri uygulamadaki performanslarında belirleyici rol oynamaktadır. Periklas ile birlikte bulunan fazların kombinasyonu, CaO/SiO<sub>2</sub> oranı ile yakından ilişkilidir.

(Şekil 1)

CaO/SiO<sub>2</sub> oranının 2 olduğu durumlarda ikincil faz dikalsiyum silikat'tır, ve bu faz yüksek mukavemet veren bir

fazdır. Daha düşük oranlarda ise montisellit fazının varlığı düşük yüksek sıcaklık mukavemeti değerinin nedenidir. Daha yüksek oranlarda ise, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> gibi oksitlerin varlığı, düşük ergime noktalı kalsiyum alüminat veya ferrit gibi bileşiklerin oluşmasına neden olur. Magnezya refrakterlerin yüksek sıcaklıklardaki mukavemetini etkileyen iki faktör daha vardır. Bunların birincisi CaO' in yüksek sıcaklıklarda periklas içindeki düşük (< % 1) çözünürlüğüdür. Bu özellik, ikincil fazlar içindeki etkin CaO/SiO<sub>2</sub> oranının Magnezya'nın komple analizinden beklenen düzeyinden düşük olmasına neden olur. Diğer bir deyiş ile Magnezya'nın SiO<sub>2</sub> içeriği düşürüldüğünde, yüksek sıcaklıklarda ikincil fazlardaki etkin CaO/SiO<sub>2</sub> oranını 2' den büyük elde etmek için,

komple kompozisyonda daha yüksek CaO/SiO<sub>2</sub> oranlarına ihtiyaç olmasıdır. Kuşkusuz bu yüksek oranlarda serbest kireç oluşumuna izin vermemek gerekir. İkinci faktör ise deniz suyu Magnezya'sında rastlanan bor oksitinin etkisidir. Bor oksit Magnezya refrakterin yüksek sıcaklık mukavemetini düşürür.



Şekil 1) CaO/SiO<sub>2</sub> oranının pişmiş magnezya'nın sıcakta mukavemetine etkisi.

### REFRAKTER ÜRETİMİNDE MAGNEZYA:

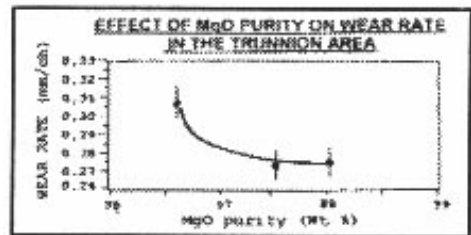
Genellikle şekilli refrakter için %95-99 MgO içeren Magnezya'lar kullanılır. Hangi tür Magnezya'nın belirli bir amaç için üretilecek ürüne uygunluğunu saptamak için bir çok parametre değerlendirmeye alınır. Temel parametreler; MgO, CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriği, periklas kristal çapı (mikron), hacim ağırlığı (yoğunluk), ve CaOSiO<sub>2</sub> oranıdır. Bu Magnezya seçim kriterleri, nihai ürünün fiziksel, termal, kimyasal, özelliklerini belirler.

Magnezya esaslı şekilli refrakterler iki ana kategoride değerlendirilir; pişmiş ve temperlenmiş. Her iki ürün içinde genel üretim prosesi; belirli ilaveleri içeren karışımın karıştırıcılar da karıştırılıp değişik özelliklerdeki preslerde şekillendirilmesini içeren bir üretim biçimindedir. Pişmiş ürünler için bundan sonraki aşama, tünel fırınlarda 1550-1800 °C sıcaklıklarda pişirilmesidir. Pişmemiş yani temperlenmiş ürünler için bağın yapısı daha sonraki sıcaklık ile ilgili işlemlerin niteliğini belirler. Örneğin reçine bağlı Magnezya - grafit malzemelere, 180-220 °C sıcaklıklarda temper fırınlarda ısıl işlem den geçirilerek mukavemet kazandırılır.

Magnezya seçiminin en kritik olduğu konu curufa karşı direncidir. Pişmiş tuğlalar ile karşılaştırıldığında, Magnezya kalitesi pişmemiş refrakterin yüksek sıcaklıklardaki mukavemeti veya termal şok özelliklerinde daha az belirleyici rol oynar. Bunun nedeni, bu ürünlerde bağ tipinin pişmiş ürünlerde olduğu gibi, seramik değil, karbon bağı olmasıdır. Bu nedenle Magnezya grafit ürünler, %92 aralıktaki malzemelerin değişik kombinasyonlarından oluşabilir. Daha önce de değinildiği gibi, curuf direncini arttırmak için Magnezya seçiminde en önemli kriterler Magnezya'nın MgO içeriği, CaO/SiO<sub>2</sub> oranı ve kristal çapıdır.

Şekil 2, MgO içeriğine bağlı olarak aşınma hızındaki değişimi vermektedir.

MgO oranındaki artış, refrakter malzemenin kalsiyum silikat ve kalsiyum alüminat curuflarına karşı direncini arttırmaktadır. Genellikle serbestçe kireç seçilir. Bu oranın belirlenmesinde kullanım anında grafit içindeki birtakım safsızlıkların potansiyel olarak CaO/SiO<sub>2</sub> oranını düşürücü etkisi de dikkate alınır. Söz edilen nedenler ile, son yıllarda pişmiş sinter Magnezya'nın kristal çapını arttırmak için yoğun çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Basitçe şu söylenebilir; MgO Magnezya'nın tanelerinin arasına curufun nüfuz etmesi ve ana tuğla matrisini aşındırması



Şekil 2) MgO miktarının konverter refrakterinin aşınma hızına etkisi.

daha zordur. Tablo 3, şekilli ürünler için kullanılan Magnezya'ların ve KÜMAŞ'ın yeni geliştirdiği KÜMAŞ KM Extra 97 kalite pişmiş Magnezya'nın özelliklerini vermektedir.

Şekil 3, kristal çapının refrakter aşınma hızına etkisini vermektedir. 400 ile 1000 mikron arasında değişen kristal çapına sahip olan Fused Magnezya'lar, primer ve sekonder metalurji tesislerinin astarlarında, yüksek oranda aşınmaya maruz kalan bölgelerde Magnezya grafit ürünlerin performanslarını arttırmak için belirli oranlarda kullanılır.

Bu oran kritik uygulamalarda %70'ler civarında iken, %30 ile %50 Fused Magnezya katkı oranı daha fazla rastlanan bir orandır. Son yıllarda Çin kaynaklı nispeten ucuz Fused Magnezya'nın pazara girmesi, kullanımı daha da yaygınlaştırmıştır. Ancak hangi kalite Fused Magnezya'nın kullanıldığının öneminin altını çizmekte fayda vardır.

### ÇELİK YAPIM REFRAKTERLERİNDE YENİ EĞİLİMLER:

Refrakter üretim sektörü, ağırlıklı olarak Demir Çelik, Çimento, Cam, Demir dışı metaller ve Seramik sektörüne hizmet eden bir sektördür. Çelik üretim sektörü dünya refrakter üreticilerinin en büyük pazarıdır. Çalışmamızın bu bölümünde, son 25 yıldır çelik üretiminde kullanılan refrakterdeki temel eğilim ve gelişmeleri özetle gözden geçirmeye çalışacağız.

Son 20 yıldır refrakter üreticilerinin hammadde konusundaki taleplerinde ve ürün çeşitlerindeki değişiklikler, çelik endüstrisindeki gelişmelere paralel olmuştur.

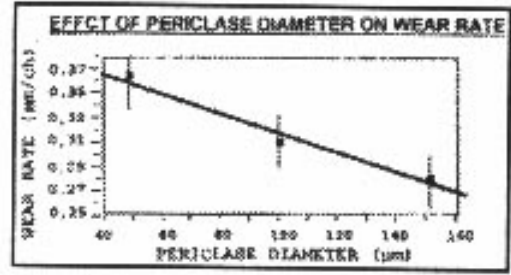
Bu gelişmelerdeki ana etken, daha kaliteli çelik talebi ile paralel gelişen kompleks ve sofistike çelik yapım prosesleri olmuştur. Avrupa, Japonya ve A.B.D. de çelik üretiminde düşmeler söz konusu iken, Orta ve Güney Amerika'da Orta Doğu'da, Hindistan ve Uzak Doğu'da önemli bir artış olmuştur. Bu dönemde refrakter tüketiminde de önemli bir düşüş olmuştur. Ancak refrakter tüketimindeki düşüş ile çelik üretimindeki düşüş arasında direkt bağlantı görmek mümkün değildir. Tüketimdeki düşüşte; kullanılan prosesler, teknolojik gelişmeler ve geliştirilen yeni refrakter ürünler önemli etkenlerdir. Zor koşullara dayanımlı ve dar toleranslara sahip, daha yüksek kalitedeki Temiz Çelik talebindeki artış, üreticileri bu özellikleri sağlayabilecek üretim proseslerini geliştirmeye yöneltmiştir.

Çelik üretim teknolojisindeki yeni gelişmeler, refrakter tüketimini azaltıcı etki yapmıştır. 1970 ler den başlayarak birkaç BDT ülkesi hariç Siemens Martin'ler ortadan kalkmıştır. Sürekli Döküm teknolojisi giderek yaygınlaşmış ve İngot döküm çok düşük yüzdelere inmiştir. Özellikle pişmiş Magnezya tuğlalar bu teknolojik değişimden olumsuz etkilenmişlerdir. Elektrik ark ocaklarına yönelik genel eğilim, tonaj anlamında bazik ürünlere olan talebi çok keskin bir eğimle aşağılara çekmiş ve özellikle curuf seviyesi ve diğer bölgeler için düşük tonajda fakat yüksek kalitede bazik ürünlere olan ihtiyacı arttırmıştır. Son 15 yılda ton çelik başına refrakter tüketimi 3-4 kat azalmıştır. 1989 da 14-15 kg olan ton çelik başına refrakter tüketimi, 2000 de 10kg'ların altına düşmüştür. Bu değişim sadece miktar olarak değil, aynı zamanda kullanılan refrakter türü açısından da olmuştur. Bu gelişmelere uyum sağlayabilmek için paradoksal olarak refrakter hammadde ve nihai ürün üreticileri tarafından yapılan çalışmalar sonucu refrakter kalitesinde ve ömürlerde sürekli bir artış görülmüştür.

Bir başka deyiş ile refrakter üreticileri modern çelik yapım teknolojilerine uyum sağlayabilecek uzun ömürlü ürünleri üretmek için yaptıkları çalışmalar sonucunda, kendi potansiyel pazarlarını azaltmışlardır. Genel eğilim miktar olarak sürekli bir düşüş, fakat yüksek saflıkta özel refrakter ürünlere doğru sürekli bir artış şeklindedir.

Tip	%MgO	%CaO	%B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaOSiO <sub>2</sub>	Kristalçapı (mikron)	Hacim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )
B	>98.0	<1.0	<0.01	≥4		>3.4
B	>96.5		<0.03	≥6	>120	>3.4
B	>96.5		<0.03	≥3	90-120	>3.38
B	>96.0		<0.08	≥2.5		>3.36
Sinter	>95.0	<1.8	<0.01			>3.18
Fused	>96.0			≥2	≥400	>3.48
Fused	>97.5			≥4	≥600	>3.50
Fused	>99.0			≥8	≥600	>3.50
KÜMAŞ	>97.5	1.7-2.0		≥3	>110	>3.45

Tablo 3) Magnezya ham maddeler.



Şekil 3) Periklas kristal çapının Konverter aşınma hızına etkisi.



Son yıllarda refrakter malzemelerde söz konusu olan gelişmeler ile karşılaştırıldığında, Magnezya-Karbon refrakterlerin çelik endüstrisinde yarattığı etkiyi hiçbiri yaratamamıştır. 1970 li yıllarda EAO larda ilk kullanımından bu yana ondan daha iyi performans gösteren bir ürün geliştirilmemiştir. Magnezya-Karbon başka Magnezya'nın kullanıldığı diğer refrakter ürünler; Pişmiş Magnezya, Magnezya Krom, Magnezya Doloma, ve son yılların yükselen yıldızı Magnezya-Alumina ve Alumina-Magnezya Spinel esaslı ürünlerdir. Mag-Karbon'un 1970 ler de Japonya'da ve ardından 1980 ler de Avrupa'da devreye girmesinden sonra, o zamana kadar sadece Pişmiş magnezya ve zift bağlı Magnezya üretiminde kullanılan Magnezya'nın kalitesini artırma zorunluluğu gündeme gelmiştir. Bu kalite artırma çalışmaları Magnezya'nın kristal yapının ve yoğunluğunun artırılması ve ikincil fazların oran, yapı ve dağılımlarının kontrolü üzerine odaklanmıştır.

Yüksek performanslı Magnezya-Karbon refrakterlerin üretiminde ham madde seçimi çok önemlidir. Yüksek performanslı Mag-Karbon tuğla üretiminde; yüksek saflık ve yoğunluktaki Magnezya klinker kullanımı zorunludur. Sürekli olarak yapılan çalışmalar ile Konverterler için üretilen Mag-Karbon refrakterlerin korozyon ve kabuk atma (Spalling) dirençleri ile üretim teknolojilerinde önemli gelişmeler sağlanmıştır.

Magnezya-Karbon refrakterler; Konverterlerde, EAO'larda ve sekonder metalurji potalarında yaygın bir şekilde kullanılmaya devam etmektedir.

Magnezya'nın kullanıldığı bir diğer uygulamada monolitik refrakterlerdir. Bazik tamir malzemeleri, spinel forming dökülebilir refrakterler, bazik dökülebilir refrakterler bunlardan bazılarıdır.

Sonuç olarak refrakter sektöründeki genel eğilimin sürekli olarak daha saf ve özel malzemelerin üretimi olduğunu tekrar edebiliriz.

### **GELECEĞE BAKIŞ:**

Refrakterlerde görülen talep değişimi, belirli hammaddelere olan talepte de direkt etkili olmuştur. Örneğin Silika, Krom ve düşük kaliteli Magnezya'ya olan talepte sürekli bir düşüş söz konusudur. Benzer bir şekilde hem miktar, hem de kalite anlamında; yüksek saflıkta Grafit, yüksek saflıkta Magnezya'ya, Magnezya-Alumina Spinel'e, Alumina-Magnezya Spinel'e, Silisyum Karbür'e ve Zirkonyuma olan talep artmaktadır. Gelecek, daha az miktarda, fakat yüksek katma değerli sentetik oksitlerde ve oksidasyona karşı direnci yüksek özel ürünlerde görülmektedir.

Çelik yapım proseslerinde geliştirme çalışmaları devam etmek etmektedir, fakat bu çalışmaların önümüzdeki 5-10 yılda mevcut çelik yapım teknolojilerinde devrimsel nitelikte bir değişime neden olmaları pek olası görülmemektedir.

Refrakter endüstrisi üzerine etki yapabilecek bir değişim öngörüsü ergitme proseslerindeki yeni gelişmelerdir. Japonlar ve Avusturyalılar gelecekte yüksek fırınların yerini kısmen de olsa yeni geliştirilen direkt demir cevheri ergitme sistemlerinin alacağını öngörmektedirler. Bu yeni sistemler daha düşük operasyon maliyetine ve esnekliğine sahiplerdir. Böylelikle yüksek yatırım maliyetli yeni kok üretim bataryalarının inşasına veya eskilerin yenilenmesine ihtiyaç olmayacaktır. Mevcut yüksek fırın-konverter üretim hattına alternatifler başarı ile çalışmaya başlamıştır. Örneğin, Güney Afrika ve Güney Kore'de ilk olarak devreye alınan COREX prosesi refrakter üretici ve hammadde tedarikçileri için yeni geliştirme çalışmalarını gündeme getirecektir. Diğer direkt ergitme yöntemlerine örnek olarak Japonların DIOS (Direct Ore Smelting Reduction), Avustralyalılar HI Smelt, Amerikalıların AISI-DOE (Direct Smelting) projeleri örnek olarak verilebilir. Bu yeni proseslerin geliştirilmesinde temel sorunlardan biri de kullanılan refrakterlerin dayanımı ve güvenilirliğidir. Söz konusu teknolojilerde refrakter ile ilgili koşullar yüksek fırınlara göre daha ağırdır. Bu direkt ergitme proseslerinin demir yapım ve çelik yapım proseslerinin ikisini de içine alması nedeni ile burada kullanılacak refrakterler, demir yapım ünitelerindeki ana refrakter olan Alumina'yı ve çelik yapım ünitelerinin ana refrakteri olan Magnezya'yı içermek durumundadırlar. Bunlara ilaveten, düşük baziklikteki curufa karşı dayanımı arttırmak için Grafit ve Krom katkısı da söz konusudur.

Her şeye rağmen bu yarışın galip veya mağlubunu ilan etmek için vakit biraz erkendir. Refrakter sorunu da dahil olmak üzere tüm teknolojik ve metalurjik sorunlar çözülmüş olsa bile, söz konusu projelerin ticari olarak ancak 2005 ve daha sonraki yıllarda devreye girmeleri mümkündür.

Genel olarak tüm refrakterlerin ve endüstriyel seramiklerin en büyük dezavantajı düşük termal şok direnci idi. Bu güçlü grafit kompozitlerinin kullanıma girmesi ile önemli ölçüde aşılmıştır. Fakat özellikle sürekli döküm teknolojisinde kullanılmak üzere nötr veya redükleyici atmosferlerde, yüksek sıcaklıklarda korozyona karşı dayanımı yüksek ve fiziksel olarak yeterli mukavemete sahip refrakterlerin geliştirilmesi önü açık bir konu olarak görülmektedir.

Çelik üretim teknolojilerindeki bir diğer gelişme ise enerji maliyetlerinin düşürülmesine yönelik çalışmalardır. Bu amaçla yapılan çalışmalardan biri sürekli döküm makinaları ile haddehanelerin direkt bağlantıda olmasıdır. Diğer bir deyiş ile sıcak şarj, on line veya Black Box haddeleme uygulamalarıdır. Bu tür uygulamalar özellikle

yüksek izolasyon amaçlı refrakterlerin geliştirilmesini gerektirecektir. Refrakter teknolojistleri için bir diğer yeni konu da özellikle sürekli dökümde metal besleme sistemleri yani slide gate, stoper ve shroud refrakterleri ve değişik tandiş uygulamaları için refrakterler olacaktır.

(REFERANSLAR) (KAYNAKLAR)

- J. H. Chesters: Refractories: Production and Properties, 1973 London, ISI.
- M. Frith.T. Buffrey, and I. Strawbridge: Magnesia: A Refractories Manufacturer Perspective, British Ceramic Transactions, 1998.
- H. Sandberg: Future Development in Steelmaking, Scaninject 7, Mefos 1995.
- Mike O'Driscoll: Refractories for Iron and Steel. IM Refractories Survey,1993
- Necmettin Erdoğan, Refik Yıldız: Magnezit ve Bazik Refrakter Malzeme Teknolojisi, Kütahya, 1995.
- J.Poirier: Recent tendencies in refractories in relation with service conditions in the steel industry: Sollac CRDM